

ESTUDIO DEL SISTEMA RADICULAR DEL ARBOL DEL CACAO  
(THEOBROMA CACAO L.)

Por

ULISES MEJIA B.

INSTITUTO INTERAMERICANO DE CIENCIAS AGRICOLAS

TURRIALBA, COSTA RICA.

Octubre de 1949

ESTUDIO DEL SISTEMA RADICULAR DEL ARBOL DEL CACAO  
(THEOBROMA CACAO L.)

T e s i s

Sometida al Comité Facultativo, como cumplimiento parcial de  
los requisitos para obtener el título de:

Especialista en Cacao

en el

Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas

Aprobado:

|                             |           |
|-----------------------------|-----------|
| <u>J. Horner McLaughlin</u> | Consejero |
| <u>C. P. Allen</u>          | Comité    |
| <u>L. P. Holdridge</u>      | Comité    |

Octubre de 1949

## C O N T E N I D O

|  |    |
|--|----|
| INTRODUCCION.....                                    | 1  |
| REVISION DE LITERATURA.....                          | 2  |
| INVESTIGACIONES EN LA FINCA LA LOLA.....             | 7  |
| Localización.....                                    | 7  |
| Materiales y Métodos.....                            | 7  |
| Resultados.....                                      | 10 |
| INVESTIGACIONES EN EL CHINO.....                     | 15 |
| Localización.....                                    | 15 |
| Materiales y Métodos.....                            | 15 |
| Resultados.....                                      | 17 |
| INVESTIGACIONES EN EL LABORATORIO DEL INSTITUTO..... | 20 |
| Materiales y Métodos.....                            | 20 |
| Resultados.....                                      | 24 |
| DISCUSION.....                                       | 26 |
| SUMARIO.....   | 30 |
| LITERATURA CITADA.....                               | 33 |

## AGRADECIMIENTO

Es para mí motivo de satisfacción cumplir con mi deber al realizar el presente trabajo y dar mis más infinitas muestras de agradecimiento al personal que integra el Comité de Admisiones de este Instituto por haberme concedido esta beca.

Al Jefe del Centro del Cacao Sr. Geo. F. Bowman por su colaboración y atinados consejos, al Dr. J. H. McLaughlin por su generoso asesoramiento en todos mis trabajos realizados, al Dr. L. R. Holdridge por su espontánea colaboración, al Ing. Pompilio Ortega por su directa intervención al logro de esta beca, al Dr. Wilson Popenoe por su iniciativa en mi carrera agronómica, al Sr. Hernán Granados y Srta. Angelina Martínez por su atenta colaboración en el desarrollo de mi presente tesis.

## BIOGRAFIA

Ulises Mejía B.

Nació en la ciudad de San Marcos de Colón, Departamento de Choluteca, Honduras, el 29 de marzo de 1924.

En 1946 después de tres años de estudio egresó de la Escuela Agrícola Panamericana en Honduras para trabajar con la Compañía Agrícola Standard Fruit Co.

En setiembre de 1948 abandonó esa Compañía para ingresar el 7 de octubre al Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas en Turrialba, Costa Rica, para hacer un año de especialización en el cultivo del cacao.

## INTRODUCCION

Hasta el presente, en toda la literatura dedicada al cacao sus autores se han concretado más intensamente al estudio agronómico o botánico de las partes aéreas del árbol. Sin embargo, un conocimiento del sistema radicular, ayudará enormemente en el desarrollo de las prácticas agronómicas tales como operaciones de labranza, sistemas de irrigación, drenaje, aplicación de fertilizantes, intercultivos, erosión, combate de enfermedades, profundidad de siembra que debe dársele a las plantas, y otras labores más, que imprescindiblemente exigen conocer no sólo el desarrollo y las actividades de las raíces sino saber como éstas son modificadas por el medio.

Llevando ese propósito en mente, se diseñó este estudio en forma tal que no trascendiera a los pocos meses dedicados a la tesis.

Considerando que la finca "La Lola" era el único lugar donde teníamos árboles disponibles para este estudio, empezamos por desnudar el sistema radicular del primer árbol; pero tropezamos con el inconveniente de la distancia inapropiada a que se encuentra la plantación para este trabajo, y además, que los árboles son sumamente viejos, hecho que indudablemente ha modificado su sistema radicular original.

Ante esta situación y considerando como antes expuse el tiempo tan corto de que disponía, dediqué mi estudio al

desarrollo del sistema radicular de plantitas en semillero, no mayores de 6 meses, sembradas en los terrenos de la finca.

Estimulado por estudios de efectos del medio sobre el sistema radicular que otros autores han hecho en plantas hortícolas, decidí hacer un estudio de plantas sometidas a distintos grados de intensidad de sombra. Esas y otras observaciones del hábito de desarrollo del sistema radicular en plantas propagadas por estacas las hice en "El Chino," área establecida en los campos del Instituto.

El otro lugar de observaciones fué el laboratorio donde hice estudios sintomatológicos en las raíces de plantas puestas en distintas soluciones nutritivas desprovistas de uno de los tres elementos principales.

De acuerdo con lo anterior he ordenado mi presente estudio conforme a los distintos lugares en que se efectuó.

#### REVISION DE LITERATURA

Los estudios hechos directamente sobre el sistema radicular del árbol del cacao son únicamente los de Cheesman (2) Charter (1) y Pyke (7). Este último hizo estudios sobre el comportamiento en el enraizamiento de estacas de cacao de los siguientes distintos tipos: Theobroma cacao L., Forastero y Criollo, T. pentagona, Bern., T. leiocarpa Bern, T. bicolor Humb. y T. angustifolia D. C.

En este estudio se encontraron variaciones en el tiempo requerido para el enraizamiento y en los hábitos para formar su sistema radicular.

Se encontró que el T. angustifolia es intolerante a la arena calcárea, pero enraiza muy bien en eras preparadas con madera descompuesta. En un experimento comparativo de enraizamiento con estacas de cacao T. leiocarpa y Criollo, se observó que las estacas del primero enraizaron más tarde y sus raíces crecieron verticalmente comparadas con las estacas del segundo que se desarrollaron más extendidas. Se observó que el callo basal del T. angustifolia es muy lerdo en desarrollarse. El sistema de raíces fué característico consistiendo de 2 ó 3 raíces fuertes principales que se desarrollaron de un ángulo de 45° con raíces laterales. En los ensayos con estacas de T. bicolor no se consiguió enraizamiento, solamente algunas formaron callo.

Charter (1) dice, que en árboles de cacao creciendo en suelos profundos sin capas de piedras u otro perfil duro, la raíz principal puede alcanzar profundidades de 10 pies. En su trabajo de Costa de Oro la raíz más profunda que encontró fué de 9 pies con un promedio de crecimiento de 7 pies. Entre las primeras 9 a 18 pulgadas de la superficie del suelo, salen de la raíz principal las raíces laterales más largas las cuales alcanzan una longitud de 40 a 12 pies. Tan pronto como esas raíces salen del tronco se doblan hacia la par-



te superior esparciéndose a unas pocas pulgadas de la superficie. Charter (1) también observó que en caso de suelos con la segunda o tercera capa muy dura, o escasos en alimento, las raíces laterales que salen a esa profundidad tienden a crecer hacia arriba para juntarse con las raíces laterales superficiales, o bien se dirigen hacia las capas inferiores del suelo. La reacción anterior de las raíces también fué encontrada en el caso de los suelos rojos en capas de siderita. Es de suponer que suelos de esas condiciones no les son satisfactorios. Suelos poco arenosos y en pendientes no favorecen las actividades de las raíces laterales porque muchas de éstas se doblan y crecen verticalmente en busca de alimentos y humedad. En suelos en que hay una napa de agua a poca profundidad el desarrollo de la raíz principal cesa en la superficie de la napa. En estos casos cuando viene la estación seca el sistema radicular perece. Weaver y Clements (8) presentan, con estudios experimentados en gramíneas y plantas hortícolas, cómo los factores del medio determinan el desarrollo radicular de las plantas. Así exponen que el contenido de agua en el suelo dentro de ciertos límites estimula el desarrollo de la raíz, y que en lugares muy secos el desarrollo de la raíz se retarda notablemente e incluso cesa, por lo cual puede deducirse que el sistema radicular puede modificarse mediante la irrigación y el drenaje.

Los cultivos que crecen en un suelo rico tienen raíces

que son más cortas y más ramificadas que las que crecen en suelos pobres. Árboles frutales con vástagos de igual tamaño pueden tener en un suelo pobre doble peso de material radicular que en un suelo margoso. Las raíces también son más cortas en soluciones nutritivas más concentradas. Se ha demostrado experimentalmente, que las raíces en una capa de suelo rico en nitratos no sólo se desarrollan en forma mucho más abundante y se ramifican con más profusión sino que además son incapaces de penetrar en el suelo más profundo. Por otra parte se ha visto que cuando las plantas de trigo o de cebada crecen en suelos o en soluciones nutritivas pobres en nitratos, dan un sistema radicular notablemente extenso, aunque los vástagos son pequeños. Parece ser notablemente perjudicial para la producción normal de plantas, el abonar las capas superficiales del suelo, estimulando así la formación de raíces superficiales en regiones donde dichas capas tienen poca o nada de agua aprovechable durante los períodos de sequía. Se conoce además, que los fosfatos son estimulantes del desarrollo de la raíz en longitud y ramificación. Estos son benéficos especialmente en los lugares donde hay probabilidades de sequía, ya que inducen a las raíces jóvenes a penetrar rápidamente en las capas más húmedas del suelo. Así también exponen que el grado de oxigenación, la temperatura, la aereación, y condiciones externas como la cantidad de luz, temperatura, humedad, la distancia entre plantas, y

las prácticas de cultivo, afectan la forma y el desarrollo primitivo de la raíz, la cual ante todo está gobernada por los caracteres de la herencia.

McDonald (4) hizo estudios de los efectos de deficiencias de elementos nutrientes en el crecimiento, especialmente de la parte aérea de plantas jóvenes sembradas en arena; a diferencia del estudio que yo posteriormente hice sobre el sistema radicular de plantitas puestas en soluciones nutritivas.

Trabajos similares al de Weaver y Clements (8), expone Miller (6). Meyer y Anderson (5) estiman que la proporción de crecimiento entre la raíz y el tallo tienen influencias recíprocas correlativas. La clase y magnitud de los efectos correlativos dependen grandemente de las condiciones de ambiente a que la planta está expuesta. Por ejemplo, la concentración de nitrato en el suelo tiene una marcada influencia en la relación raíz/tallo (T/R) de las plantas. Si la concentración de nitrato en el suelo en el cual la planta está enraizada es bajo, la proporción de peso seco de la raíz con relación al peso seco del tallo será mayor que cuando hay más nitrato en el suelo. Los efectos de los nitratos sobre la proporción T/R han sido interpretados como una influencia de las relaciones internas de alimentación de las plantas. Si la concentración de nitrato del medio en el cual la planta está enraizada es bajo, la mayoría de los

nitratos absorbidos son utilizados en la síntesis de aminoácidos en las raíces; los carbohidratos necesarios para este proceso son pasados de las hojas a las raíces. La mayoría de estos aminoácidos son usados en la síntesis de proteínas protoplasmáticas durante el crecimiento de las raíces. Solamente una pequeña proporción de los compuestos nitrogenados escapan a la utilización en las raíces para ser trasladadas a las partes aéreas de las plantas. Cuando el suplemento de nitratos es más abundante, sin embargo, una pequeña proporción de la cantidad absorbida es utilizada en las raíces y la mayor proporción, en una u otra forma es trasladada a las partes aéreas, donde parte o todo es utilizado en la síntesis de proteínas protoplasmáticas. Cosa similar sucede al mermar el abastecimiento de carbohidratos dentro de la planta debido a la disminución de acción fotosintética por la falta de luz. En general, la disminución en la cantidad de alimentos carbohidratados aprovechables en las partes aéreas resultan en un aumento de la proporción T/R y viceversa.

#### INVESTIGACIONES EN LA FINCA "LA LOLA"

Localización. La Lola es una finca de 40 hectáreas ubicada en la zona Atlántica a  $28\frac{1}{2}$  millas de Puerto Limón. Se encuentra a una elevación de 25 a 50 metros sobre el nivel del mar.

#### Materiales y Métodos

El trabajo fué dividido en dos: A) Extracción del

sistema radicular de uno de los árboles de la finca, y que por razones de la distancia y la edad inapropiada de la plantación para este trabajo fué substituido por B) Estudio en el comportamiento de las raíces en plantas de semillero.

A. Para la realización de este trabajo dispusimos de un árbol que tenía aproximadamente 34 años de edad. Medía 4.30 metros de altura con un radio mayor de 2.15 metros y otro menor de 1.72 metros. Estaba localizado en un suelo franco arcilloso y desprovisto de sombra. Como materiales usamos pala, piocha y machetes. Empezamos a perforar el suelo a 2 metros de distancia del tronco; pero en vista de que sus raíces estaban entrelazadas con las de los árboles vecinos, dispusimos empezar las excavaciones al pie del árbol para no perjudicarlas y poder seguir el desarrollo de cada una, a medida que las fuéramos descubriendo. Fué preciso excavar hasta una profundidad de 1.60 metros para encontrar el final de la raíz principal.

B. Aprovechando la variabilidad física del suelo en la finca el día 22 de febrero en la sección 4 se construyeron dos almácigos que mostraron ser de una constitución física distinta, uno franco arcilloso y el otro franco arenoso. Para que el primer almácigo quedara en suelo arcilloso fué preciso establecerlo en un sitio originalmente desprovisto de sombra mientras que el almácigo arenoso se estableció en un lugar con sombra aproximadamente de un 60%; para uniformizarlas, fué

necesario establecer en el almácigo de suelo arcilloso sombra provisional formada por una armazón de madera cubierta con hojas de plátano hasta alcanzar una sombra similar a la del almácigo arenoso. En ambos suelos se construyó una era drenada de 1.50 metros de ancho por 4 metros de largo. Las almendras que se sembraron provinieron de mazorcas bien desarrolladas y del mismo árbol. El número de plantas que precisaba examinar mensualmente eran 5, las que sumadas en los 6 meses de estudio alcanzaron un total de 30. Previendo que algunas no germinaran o que una vez desarrolladas fueran dañadas, sembré en cada lote un total de 60 semillas puestas a las siguientes diferentes distancias conforme su desarrollo progresivo. A las 10 semillas que se extrajeron un mes después de sembradas, se les dió una distancia de 12 x 12 cms. a las del segundo mes 15 x 15 cms. a las del tercer mes 25 x 25 cms., a las del cuarto mes 25 x 25 cms., a las del quinto mes 30 x 30 cms. y a las del sexto y último mes 35 x 35 cms.

Una vez germinadas las plantitas, las dañadas y también algunas sanas fueron suprimidas para dar mayor distancia a las plantas que se iban a estudiar. El pH encontrado en los suelos fué 5.8 en el lote arcilloso y 6.2 en el lote arenoso. Los implementos que se usaron para desnudar las raíces de estas plantas fueron pala y machete. Con la pala, se hacían zanjas paralelas a 20 cms. de distancia de la línea de plantas y una vez terminadas, se empezaban a descubrir las raíces con el extremo del machete, empezando al pie de la planta

y siguiendo el desarrollo de cada raíz.

Con las plantas del sexto mes, para averiguar en que proporción estaban distribuidas las raíces en las distintas capas del suelo, fué preciso ir removiendo el suelo en blocks de 6, 12, y 18 pulgadas que fué la mayor profundidad que alcanzaron las raíces. Las raíces encontradas en cada capa eran separadas y puestas en una tela húmeda para que no perdieran peso por transpiración. La razón por la cual las raíces se fueron extrayendo por capas fué porque muchas de las raíces laterales que se desarrollan en las capas superiores se doblan hacia las capas inferiores, por lo que al sacarlas enteras no se hubiera podido considerar qué proporción de cada raíz estaba establecida en cada capa.

Una vez extraídas las plantas se lavaban hasta librarlas de la tierra. Después de terminada esta operación se les tomaba las siguientes medidas: longitud del tallo, longitud de la raíz principal, peso verde del tallo, peso verde de las raíces, número de las raíces principales, laterales y su longitud máxima. Después de tomadas las medidas, las plantas eran retiradas durante dos semanas a un sitio próximo a un foco de luz eléctrica con el objeto de secarlas y tomarles después el peso seco de la raíz y el tallo con sus hojas.

### Resultados

A. Al extraer la raíz del árbol viejo pudo hacérsele

la siguiente clasificación. De antemano se sabe que la raíz del árbol del cacao tiene su origen en la radícula del embrión por consiguiente se clasifica como normal, por su duración como perenne, por su consistencia como leñoso y por su forma, napiforme y típica.

El árbol tenía 4.30 metros de altura. La circunferencia del tronco a nivel del suelo fué de 54 cms., altura de la horqueta 1.15 metros. Radio mayor 2.33 metros y el menor 2.00 metros. Las raíces laterales estaban divididas en 3 pisos. Este último carácter ya puede ser observado en las raíces de plantas de cacao mayores de 3 meses. El primer piso estaba compuesto de 7 raíces, tres con una longitud promedio de 45 cms. y las otras cuatro restantes de 1.45 metros. Dos de ellas alcanzaron una longitud máxima de 1.53 metros. La circunferencia promedio en el lugar de nacimiento de las raíces fué de 12.5 cms. Este primer piso de raíces además de distinguirse por su mayor desarrollo es también el más abundante en raíces terciarias que profundizan hasta 60 cms.

El segundo piso estaba compuesto de 4 raíces. Se encontraba a una profundidad de 48 cms. del primero, alcanzando la raíz principal en este sitio una circunferencia de 42 cms.

El tercer piso se encontraba a una profundidad desde el nivel del suelo de 81 cms. La raíz principal tenía 23 cms. de circunferencia. Este piso estaba compuesto de 5 raíces de una longitud promedio de 10 cms. Finalmente el



extremo de la pivotante se bifurcó en dos raíces de 10 cms. de longitud. Se notó que el suelo a 1.40 metros de profundidad estaba muy compacto y es probablemente a ello que se debió la bifurcación de la raíz principal.

Es de considerarse que el primer piso de raíces es el que desempeña la función principal de nutrición. Las raíces del segundo y tercer piso localizadas a mayor profundidad además de servir de sostén desempeñan su papel principal de nutrición en el verano, época en que las partes inferiores del suelo permanecen húmedas.

B. La tabla número 1 muestra las medidas mensuales obtenidas de las plantas de semillero. Las plantas extraídas el primer mes, conservaban sus cotiledones, y se pudo observar que aún algunas los botan hasta los 50 días después de germinadas; la longitud de la raíz terminal durante el primer mes fué mayor que el tallo en ambos suelos teniendo un desarrollo aproximado 16 centímetros. Las raíces laterales se presentaron fibrosas y abundantes en toda la extensión de la raíz principal, con una longitud aproximada de 6.5 cms. A esa edad aproximadamente 6 raíces laterales predominaron en crecimiento y éstas se encontraron en la parte superior. La proporción promedio de peso seco entre el tallo y la raíz (T/R) fué de 3.36.

En las plantas extraídas el segundo mes la cantidad de raíces laterales en ambos suelos fueron abundantes y

Cuadro Nº 1. Promedio de crecimiento de 5 plantas de cacao extraídas mensualmente durante seis meses en la finca La Lola.

SUELO FRANCO ARCILLOSO

|                      | Largo en cms. |       | Peso verde en Gramos |        |       | Peso seco en Gramos |        |       | Nº de raíces lat. | Largo max. R. lat. | Proporción tallo raíz |        |
|----------------------|---------------|-------|----------------------|--------|-------|---------------------|--------|-------|-------------------|--------------------|-----------------------|--------|
|                      | planta        | tallo | raíces               | planta | tallo | raíces              | planta | tallo |                   |                    |                       | raíces |
| Marzo                | 32.0          | 15.2  | 16.8                 | 5.2    | 4.3   | .9                  | 1.05   | .80   | .25               | 6.3                | 6.0                   | 3.20   |
| Abril                | 43.3          | 20.0  | 23.3                 | 8.2    | 7.0   | 1.2                 | 1.68   | 1.30  | .38               | 5.0                | 9.0                   | 3.42   |
| Mayo                 | 52.8          | 26.6  | 26.2                 | 9.0    | 7.6   | 1.4                 | 2.22   | 1.70  | .52               | 9.0                | 11.6                  | 3.26   |
| Junio                | 60.2          | 31.0  | 29.2                 | 15.7   | 12.1  | 3.6                 | 3.20   | 2.50  | .70               | 11.0               | 20.4                  | 3.57   |
| Julio                | 71.0          | 38.0  | 33.0                 | 24.9   | 20.4  | 4.5                 | 5.28   | 4.28  | 1.00              | 13.0               | 25.0                  | 4.28   |
| Agosto               | 74.4          | 35.8  | 38.6                 | 17.8   | 14.4  | 3.4                 | 6.67   | 5.57  | 1.10              | 10.4               | 27.0                  | 5.06   |
| SUELO FRANCO ARENOSO |               |       |                      |        |       |                     |        |       |                   |                    |                       |        |
| Marzo                | 28.6          | 12.9  | 15.7                 | 4.0    | 3.3   | .70                 | .77    | .60   | .17               | 4.0                | 7.0                   | 3.52   |
| Abril                | 43.2          | 20.7  | 22.5                 | 4.6    | 3.5   | 1.10                | 1.28   | 1.00  | .28               | 5.0                | 10.0                  | 3.57   |
| Mayo                 | 47.0          | 22.9  | 24.1                 | 5.8    | 4.8   | 1.00                | 1.86   | 1.50  | .36               | 6.9                | 15.0                  | 4.16   |
| Junio                | 54.1          | 27.1  | 27.0                 | 6.3    | 5.1   | 1.20                | 2.10   | 1.70  | .40               | 6.2                | 17.0                  | 4.25   |
| Julio                | 54.8          | 28.6  | 26.2                 | 9.9    | 7.6   | 2.30                | 2.20   | 1.80  | .40               | 8.8                | 17.4                  | 4.50   |
| Agosto               | 55.0          | 27.0  | 28.0                 | 5.4    | 4.2   | 1.20                | 2.70   | 2.20  | .50               | 5.4                | 18.0                  | 4.40   |

fibrosas. Estas plantas presentaron raíces con una longitud mayor a la del tallo. El peso verde y el desarrollo en general predominó en las plantas crecidas en el suelo arcilloso. La proporción de peso seco de T/R fué de .49. El desarrollo de las raíces laterales fué mayor en el suelo arenoso. Las plantas extraídas el tercer mes mostraron abundantes raíces laterales a lo largo de la raíz principal. La longitud del tallo comparada con la raíz fué más o menos uniforme. La proporción de peso seco de T/R fué de 3.71. El desarrollo de las raíces laterales fué mayor en el suelo arenoso. Las plantas extraídas el cuarto mes comparadas con las de los meses anteriores mostraron un sistema radicular nuevo abundante, pareciendo que muchas raicillas laterales caen y únicamente quedan aquellas que van a tomar un desarrollo formal. Puede verse en la figura N° 1 que la longitud de las raíz y el tallo tuvo un crecimiento continuo en cambio el peso húmedo especialmente en las plantas en suelo franco arcilloso aumentó mucho en este mes lo cual puede verse en la figura N° 2. Es de estimarse, que tal aumento de peso se debió al aumento de lluvia en la región ya que en marzo llovió 4.25 pulgadas en abril 7.54 pulgadas y ya en los últimos 15 días del mes de mayo 26 pulgadas, y para junio época en que se extrajeron estas plantas 16.23 pulgadas. (Veáse figura N° 3).

Con las plantas extraídas el quinto mes se pudo observar la división de las raíces en 4 pisos, siendo el último muy

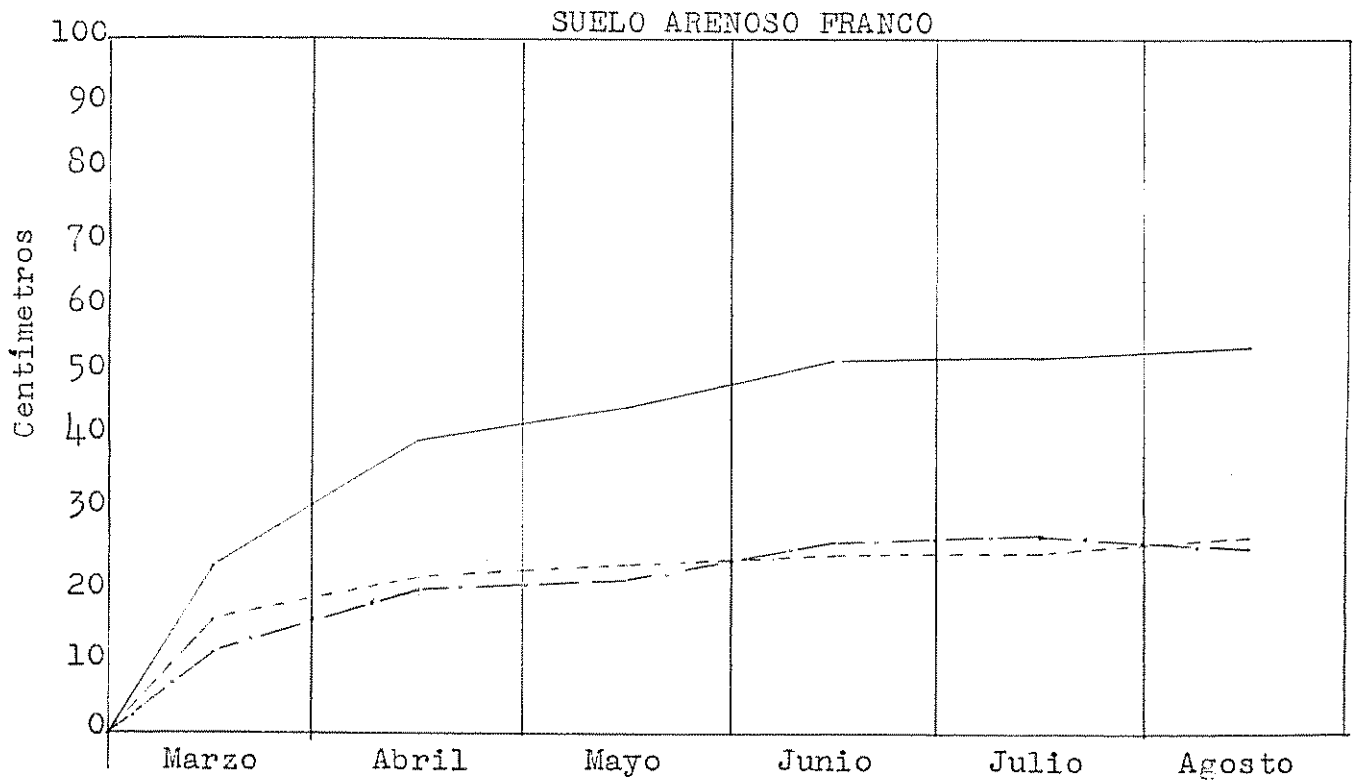
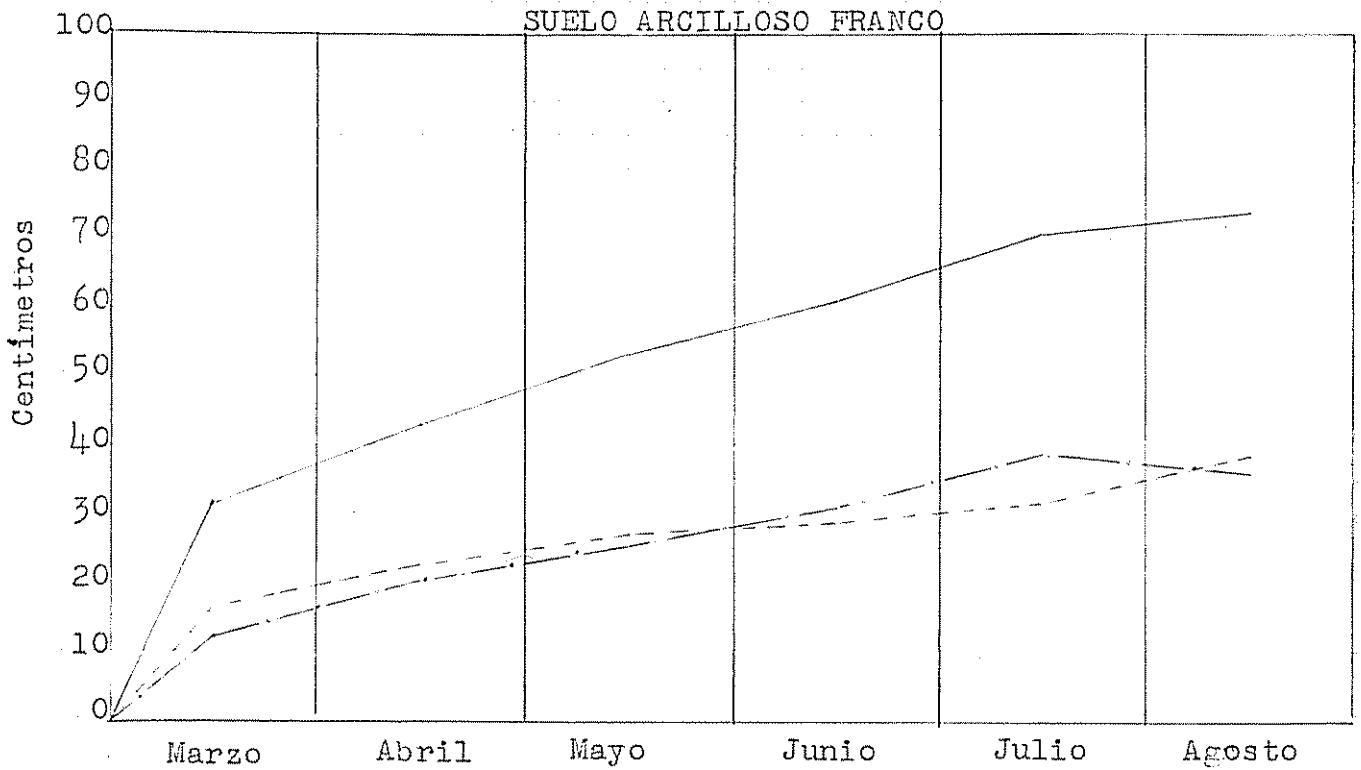


Figura Nº 1. Crecimiento promedio en centímetros de 5 plantas extraídas mensualmente de dos diferentes suelos durante seis meses. Crecimiento de la planta — Crecimiento del tallo - - - Crecimiento de la raíz - - - -

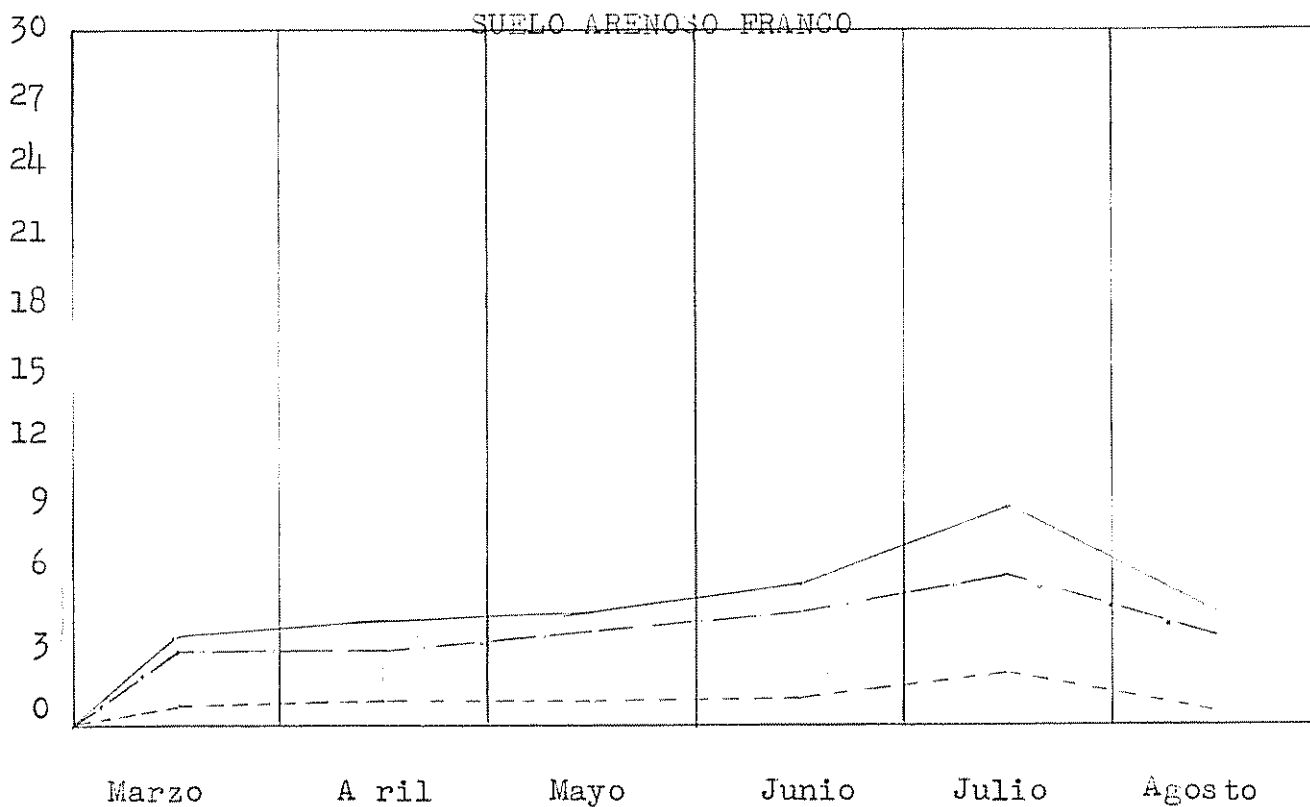
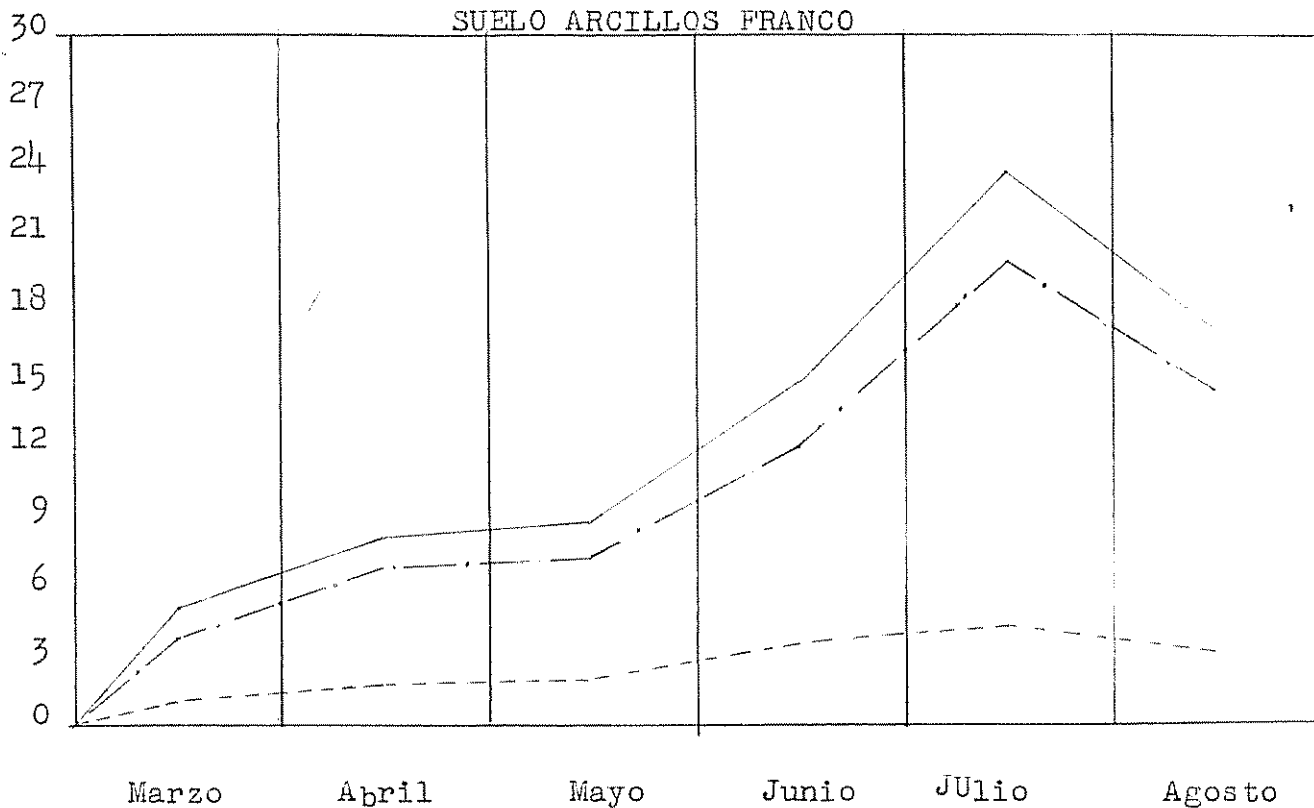


Figura N° 2. Peso verde promedio en gramos de 5 plantas extraídas de dos diferentes suelos durante seis meses. Peso verde de la planta — Peso verde del tallo —.— Peso verde de la raíz - - - - -

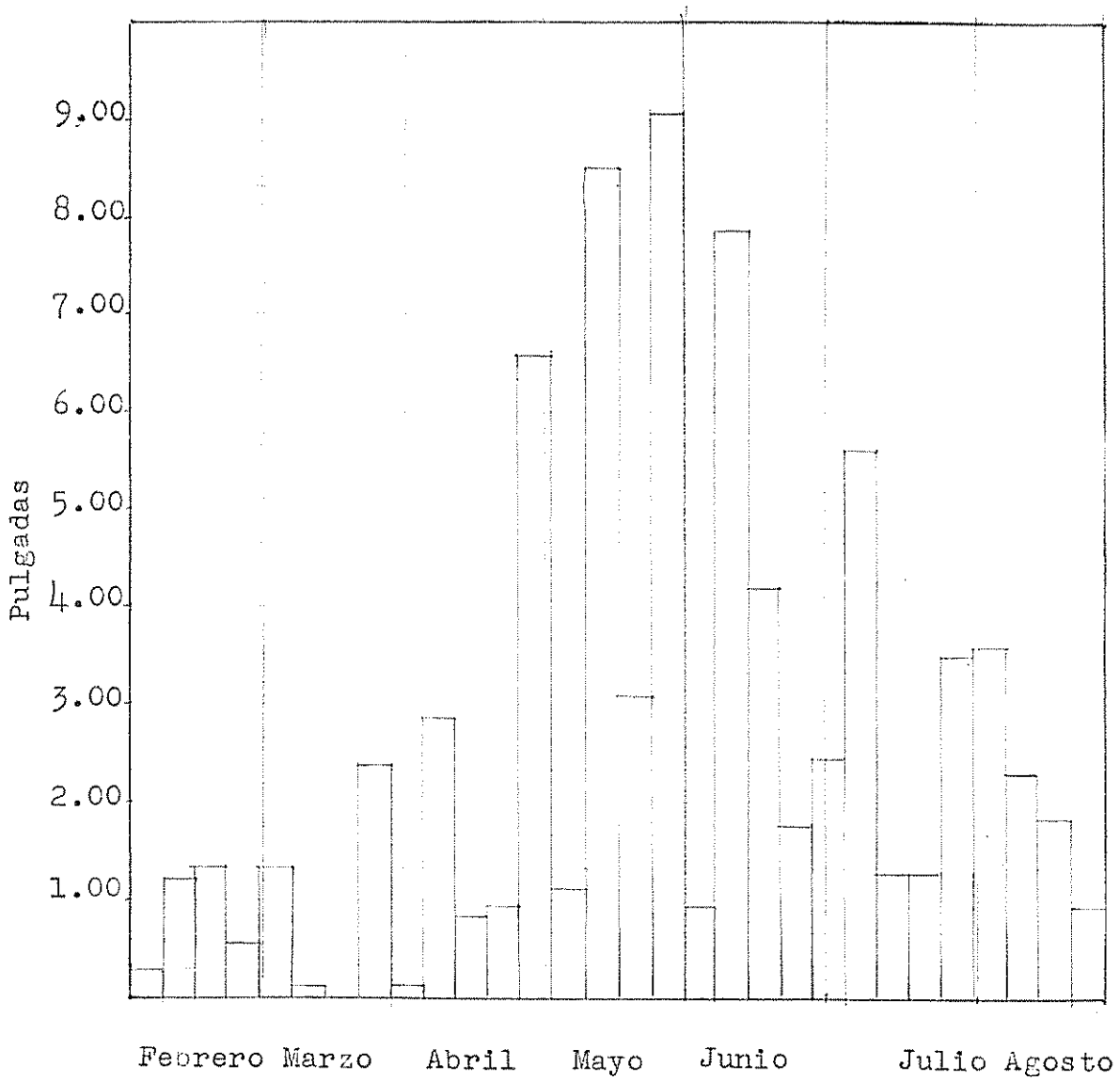
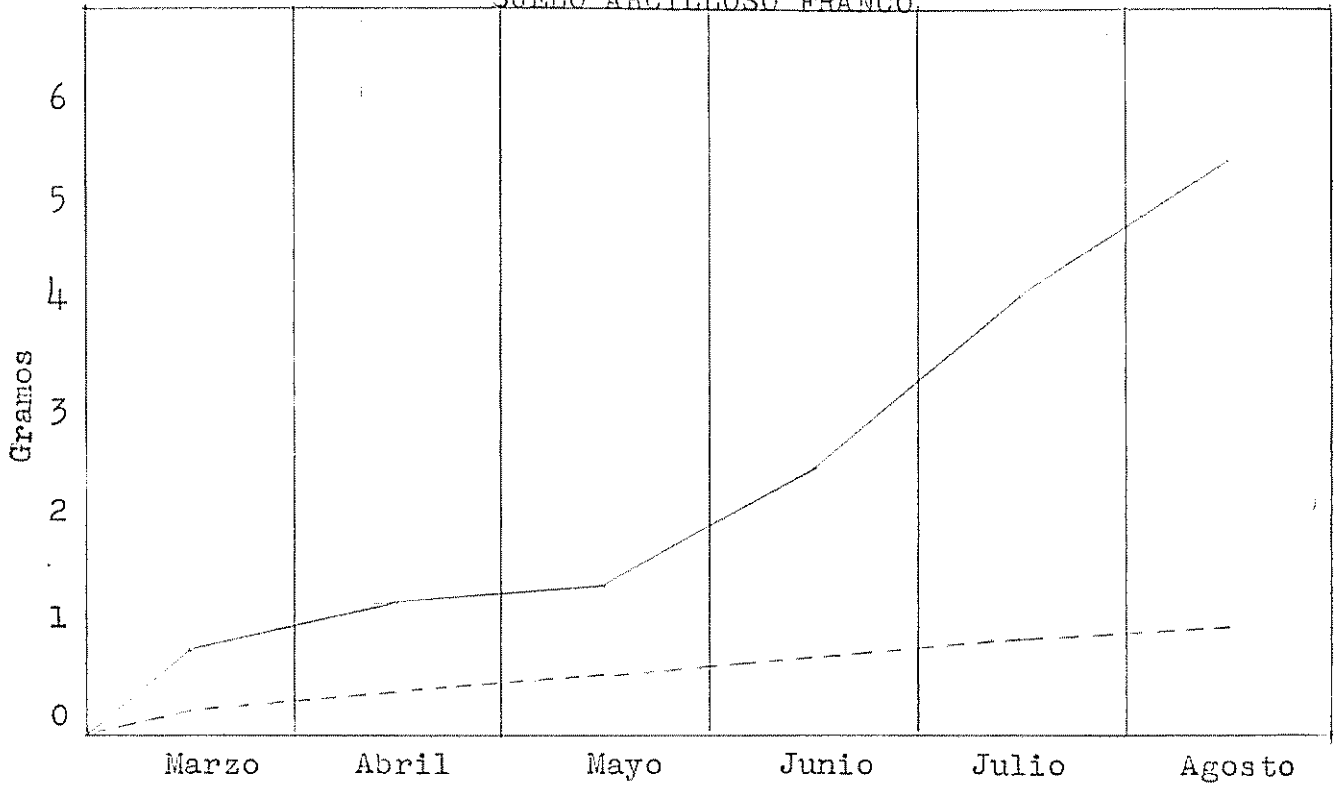


Figura N° 3. Precipitación semanal registrada en la finca La Lola durante los meses que duró el experimento.

insignificante. En ambos suelos la longitud del tallo aumentó al de las raíces. En este mes fué que se observó el mayor desarrollo del peso verde en el tallo pero en cambio las raíces tuvieron un aumento de peso normal. El peso seco del tallo aumentó. La proporción de peso seco, T/R fué 4.39.

En las plantas del sexto mes, generalmente tres y cuatro pisos de raíces se observaban a lo largo de la raíz principal. La longitud de la raíz principal comparada con la longitud del tallo fué mayor. El peso verde de la raíz y el tallo mermó enormemente, lo cual podría ser consecuencia de la baja precipitación que se registró durante ese mes. (Veáse figura N° 2). En la figura N° 4 puede notarse que el peso seco, especialmente del tallo, logró ese aumento brusco en los meses de más lluvia y siempre siguió su progreso aún en este último mes; época en que mermó el peso verde de las raíces y el tallo de las plantas en ambos suelos. El peso seco de las raíces aumentó normalmente. Con las plantas de este mes se trató de encontrar el porcentaje de raíces que se localizan a las diferentes proporciones de suelo. Se pesaron las de cinco plantas del suelo franco arcilloso encontradas a las siguientes diferentes profundidades 6, 12, y 18 pulgadas. (Veáse cuadro N° 2) el que muestra que el 80% de las raíces se encuentran en las primeras 6 pulgadas del suelo, un 16% a las 12" y a las 18" apenas hay un 4% del sistema radicular.

SUELO ARCILLOSO FRANCO



SUELO ARENOSO FRANCO

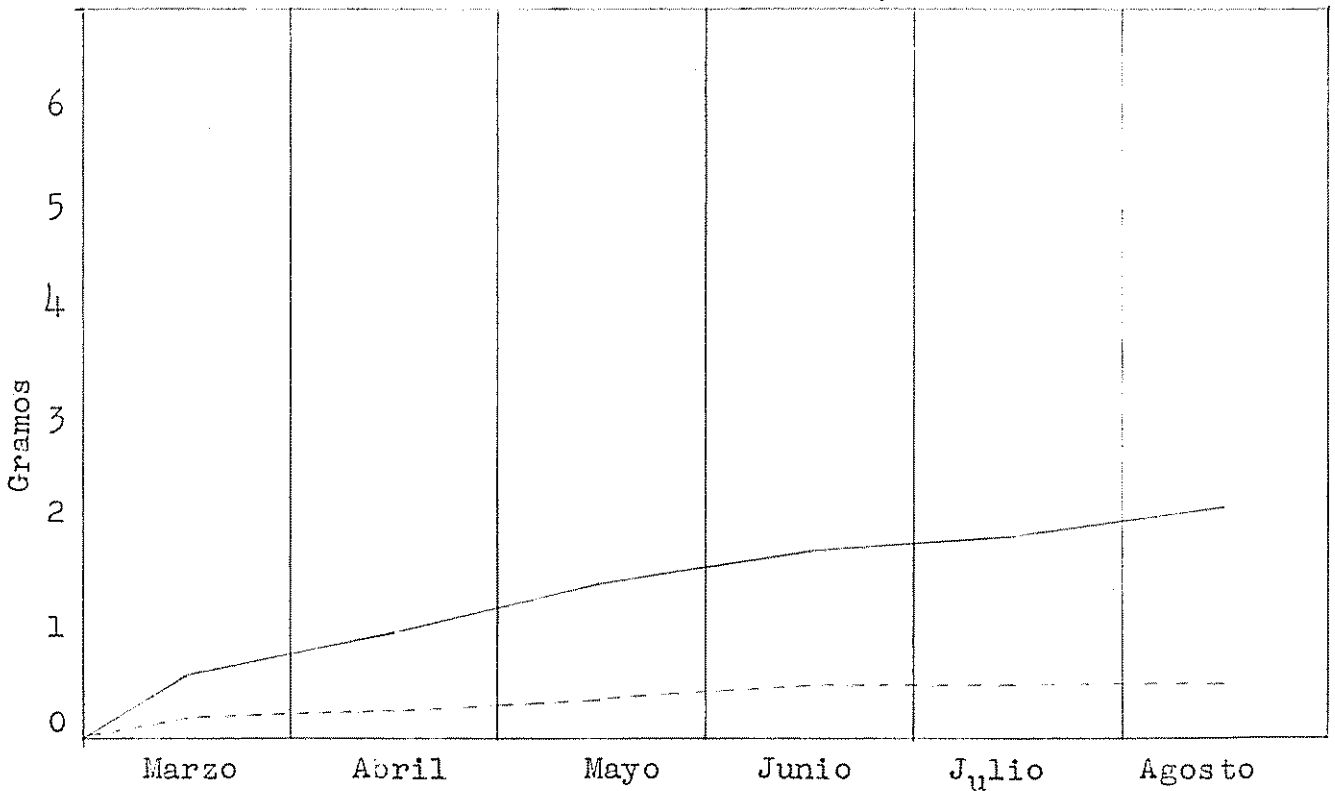


Figura N° 4. Peso seco promedio en gramos de 5 plantas extraídas mensualmente de dos diferentes suelos durante seis meses. Tallo — Raíz - - - -



Se encontró que el primer piso de raíces laterales de las plantas de suelo franco arenoso se localiza a mayor profundidad de la superficie lo cual probablemente se debe que aquí la humedad es menos que en el suelo franco arcilloso.

Cuadro N° 2. Proporción de peso seco de las raíces de cinco plantas encontradas a diferentes profundidades

| Profundidad del suelo | Peso seco de las raíces |    |    |     |    | Total | Porcentaje |
|-----------------------|-------------------------|----|----|-----|----|-------|------------|
|                       | 1                       | 2  | 3  | 4   | 5  |       |            |
| 6"                    | 1.4                     | .6 | .9 | 1.0 | .6 | 4.5   | 80%        |
| 12"                   | .3                      | .7 | .2 | .2  | .1 | .9    | 16%        |
| 18"                   | .1                      | .0 | .0 | .1  | .0 | .2    | 4%         |
| Total                 |                         |    |    |     |    | 5.6   | 100%       |

### INVESTIGACIONES EN EL CHINO

Localización . El Chino es un campo experimental establecido dentro del área del Instituto. Se encuentra a una elevación de 600 metros sobre el nivel del mar con una precipitación anual aproximadamente de 2.5 metros y una temperatura media anual de más o menos 23° C. Cuenta con un suelo arcillo-limoso y un pH de 6.5.

#### Materiales y Métodos

Aquí las observaciones fueron: A) Estudio del sistema

radicular de plantas propagadas por estacas. B) Estudio de las raíces de plantas expuestas a diferentes grados de intensidad de sombra.

A) La observación en el comportamiento del sistema radicular se hizo primeramente en estacas enraizadas de chupón y estacas de abanico de tres meses. Morfológicamente, las estacas de chupones se distinguen de las estacas de abanico por su filotaxia. Las ramas de chupones tienen un arreglo espiral de las hojas en que 8 hojas completan tres circunferencias. Las ramas de abanico tienen hojas alternas que crecen en un mismo plano. El enraizamiento de estacas se hizo en un propagador común de madera que tenía en iguales proporciones tierra y madera descompuesta. Las estacas que se enraizaron provenían de un árbol de cacao tipo Forastero. A un árbol de tres años de edad reproducido por estaca de abanico oportunamente al suprimirse por ser muy susceptible al Phytophthora palmivora Butl. se estudió su sistema radicular. Este árbol estaba sembrado en un sitio rodeado de piedras con suelo superficial.

B) Aprovechando que un estudiante hizo almácigos de cacao a los cuales les proporcionó diferentes grados de sombreado para ver sus efectos sobre la concentración de estomas en las hojas, una vez terminado ese estudio y cuando ya las plantas tenían 18 meses de edad dispuse aprovecharlas para ver en que proporción el factor externo luz, ejerce

influencia sobre el sistema radicular de plantas de cacao. Este estudio se estableció con cuatro tratamientos que consistieron en proporcionar a las plantas diferentes grados de sombra; es decir, plantas sin sombra, con 25%, 50% y 90% de sombra. Para proporcionar esas condiciones distintas a los semilleros se construyó una armazón de tallos de caña brava (*Gynerium sagittatum* (Aubl.) Beauv.) de 5 cms. de diámetro y hojas de plátano (*Musa paradisiaca* L.). Para los almácigos del 50% de sombra se dió a las cañas una separación de 5 cms. al 25% de 10 cms. y a las del 90% separadas como las del 50% y además se les añadió hojas suficientes de plátano para obtener más o menos un 90% de sombra.

Los almácigos fueron de 1 metro de ancho por 25 metros de largo. Para el estudio se aprovecharon 5 plantas del 25% de sombra, 5 del 50% y 5 del 90%. Los implementos que se usaron fueron pala y machete. El método que se usó para extraer las raíces fué el mismo empleado en los ensayos anteriores es decir, empezando a excavar del tronco del árbol para poder seguir cuidadosamente descubriendo el desarrollo de cada raíz a medida que éstas se fueran encontrando.

### Resultados

A. En el estudio del sistema radicular de estacas se encontró que el tiempo requerido para enraizamiento de estacas de abanico y chupones varía, tardándose más en los últimos. Pudo observarse que las estacas de chupón producen un

callo mejor desarrollado que en estacas de abanico, a lo que se debe que estas últimas enraizan más temprano, tardando generalmente 21 días y las de abanico, 28 días. El aspecto más notable del hábito de enraizamiento, es el dimorfismo que existe entre el sistema de raíces de estas dos diferentes clases de estacas. Las raíces de estacas de abanico se esparcen en un ángulo de  $72^{\circ}$  a  $60^{\circ}$  de una línea vertical. Las estacas de chupón presentan en muchos casos un sistema radicular casi horizontal en los primeros días de crecimiento pero más tarde se van inclinando para tomar una posición vertical.

En otros casos, a pocos milímetros de crecimiento vertical se doblan horizontalmente para formar un sistema radicular más similar al de plantas propagadas por semillas. La importancia de la diferencia de hábito de enraizamiento en estos dos tipos de estacas, distintos morfológicamente, sería el de preferir las estacas de chupón ya que su enraizamiento es más profundo. Pero más tarde, al desnudar el sistema radicular del árbol reproducido se encontró que este presentaba un sistema radicular con una raíz principal definida. Cheesman (2) en un estudio del sistema radicular entre plantas de chupón y abanico de  $2\frac{1}{2}$  años de edad encontró, que el sistema radicular de las estacas sigue en menor escala ese arreglo, pero en lugar de la raíz principal de las plantas reproducidas por semillas, las estacas emiten

dos o tres raíces verticales. El hábito distinto de enraizamiento entre estacas de chupón y estacas de abanico desaparecen una vez que su sistema radicular está desarrollado.

La altura del árbol que se extrajo era de 1.85 metros el diámetro mayor de la copa era de 2.6 metros con otro menor de 1.95. Al hacer el estudio del sistema radicular se encontró que la raíz principal tenía una longitud de 50 centímetros. Con una bifurcación a los 35 centímetros lo cual probablemente se debió a que a esa profundidad se encontraba una capa de piedras gruesas, y que por un estímulo mecánico en el punto de crecimiento se dividió en dos raíces principales. La mayoría de las raíces laterales se desarrollaron en los primeros 20 centímetros del suelo, las que a su vez se encuentran en un número mayor comparadas con las raíces de plantas producidas por semilla. La mayoría de las raíces laterales en el curso de su desarrollo se ramificaban en forma de escoba en raíces largas con un diámetro de 8 centímetros alcanzando cinco de ellas, una longitud promedio de 2.60 metros. Estas raíces eran en sus extremos abundantes en pequeñas subramificaciones. Aquí se pudo notar que en los casos en que la raíz principal se atrofia las raíces laterales se extienden más para hacer funciones de la raíz principal.

B. El cuadro N<sup>o</sup> 3 muestra los resultados promedios de 5 plantas de cada uno de los tres tratamientos expuestos a diferentes grados de intensidad de sombra.

Cuadro Nº 3. Promedio de 5 plantas de cada tratamiento expuestas a diferentes grados de intensidad de sombra.

| Sombra | Long. tallo cms. |             | Long. raíces      |            | Diam. tallo cms. | Nº de raíces en pisos |      |      | Total raíces | Prof. a que se estableció piso cms. | Peso seco grs. |      |
|--------|------------------|-------------|-------------------|------------|------------------|-----------------------|------|------|--------------|-------------------------------------|----------------|------|
|        | Long. tallo cms. | Princ. cms. | Long. raíces cms. | Lats. cms. |                  | Nº 1                  | Nº 2 | Nº 3 |              |                                     | tallo          | raíz |
| 25%    | 136.3            | 56.0        | 47.3              | 47.3       | 2.4              | 9.0                   | 6.6  | 3.7  | 19.3         | 1.5                                 | 206.3          | 43.3 |
| 50%    | 168.0            | 62.1        | 61.6              | 61.6       | 2.3              | 8.0                   | 5.3  | 4.7  | 18.0         | 4.3                                 | 255.6          | 41.3 |
| 90%    | 109.3            | 53.3        | 35.0              | 35.0       | 1.5              | 4.7                   | 6.6  | 4.3  | 15.6         | 1.0                                 | 69.3           | 13.0 |

El árbol de cacao que es una planta que crece bajo sombra o luz difusa según los resultados muestra que las plantas de semillero expuestas a un 50% de sombra desarrollan comparativamente la raíz principal más profunda. Las raíces laterales de todas las plantas del primero y segundo piso fueron más abundantes que en el último piso. El desarrollo de las raíces laterales fué mayor en las plantas bajo el 50% de sombra y menor en las del 90%. El crecimiento del tallo resultó mayor en las plantas expuestas al 50% de sombra y menor en las del 90%, el peso seco de estas últimas fué casi tres veces menor que las plantas de los otros dos tratamientos. Lo anterior, pone de manifiesto que la raíz no sólo es afectada por los factores ambientales del suelo que se hayan a su alrededor sino también por aquellos que afectan el vástago. Las plantas que crecieron bajo un 50% de sombra desarrollaron un sistema radicular más amplio, satisfaciendo así las mayores demandas de la transpiración.

#### INVESTIGACIONES EN EL LABORATORIO DEL INSTITUTO

Este estudio posterior en el laboratorio se hizo con plantas jóvenes de cacao puestas en soluciones nutritivas, desprovistas de elementos esenciales en el crecimiento, para ver los efectos de deficiencia en el sistema radicular. Para tal efecto, el 19 de abril conseguí de tres mazorcas de cacao del clon U. F. 613, 80 de sus mejores almendras a las cuales

les quité la cutícula. Se pusieron a germinar sobre glass-wool húmedo dentro de cajas de Petri. A los cuatro días o sea el 23 ya todas estaban germinadas. Permanecieron dentro de los platos y regándolas diariamente con agua destilada hasta el 3 de mayo por no tener antes la cantidad precisa de agua destilada para hacer las soluciones. Algunas de las raíces de estas plantas se enredaron a través de la tela (glass-wool) y al momento de quitarlas para llevarlas a los envases con las soluciones no fué posible evitar que algunas de ellas se dañaran.

El número de plantas que se emplearon para este estudio fueron 60 colocadas cada una en un frasco con capacidad de  $\frac{1}{2}$  litro. Los tratamientos fueron cuatro con 15 repeticiones cada uno, dispuestos en la siguiente forma. Plantas número 1 puestas en solución completa, 2 en soluciones sin nitrógeno, 3 en soluciones sin potasio, 4 en solución sin fósforo.

Las plantas en su respectivo envase fueron puestas sobre una plataforma colocada dentro del edificio donde recibían luz del sol durante las horas de la tarde. La colocación de los frascos sobre la plataforma fué hecha al azar en cuatro líneas de 15 plantas cada una, de tal manera que fué preciso enumerar los frascos para su ordenación permanente. (Veáse Fig. Nº 5).

Las soluciones fueron hechas conforme indicaciones de Hoagland y Amon (3). Estas soluciones debían ser reemplazadas por otras nuevas cada 15 días, pero por la escasez de



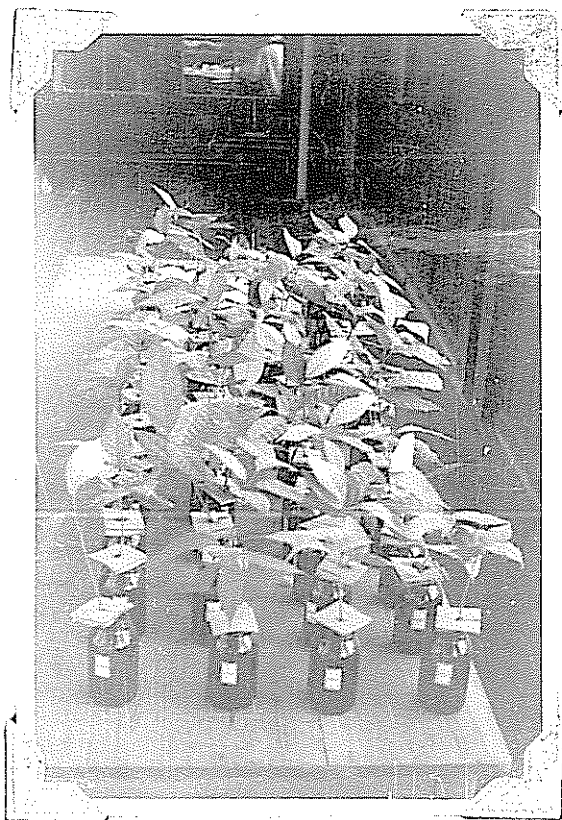


Figura N<sup>o</sup> 5. Plantas puestas en los envases con soluciones nutritivas.

agua destilada el primer mes no se pudieron cambiar sino hasta después de 30 días, y en los meses siguientes se postergó este cambio para cada 20 días, de tal manera, que durante los cuatro meses que duró este experimento las soluciones se cambiaron 5 veces. Previamente al momento de poner y quitar las soluciones de los frascos se averiguó el pH que éstos tenían para lo cual se usó un potenciómetro. Además mediante un termómetro de máxima y mínima se llevó un registro de la temperatura del medio ambiente en que estaban los frascos.

Para la preparación de las soluciones nutrientes se usó agua destilada y las siguientes soluciones molares.

I Solución completa

cc. en 1 litro de  
solución nutriente

|  |   |
|--|---|
| M-KH <sub>2</sub> PO <sub>4</sub> - fosfato ácido de potasio | 1 |
| M-KNO <sub>3</sub> - nitrato de potasio                      | 5 |
| M-Ca (NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> - nitrato de calcio     | 5 |
| M-MgSO <sub>4</sub> - sulfato de magnesio                    | 2 |

II Solución sin nitrógeno

|   |     |
|---|-----|
| 0.5M-K <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> - sulfato de potasio                        | 5   |
| M-MgSO <sub>4</sub> - sulfato de magnesio                                       | 2   |
| 0.05M Ca (H <sub>2</sub> PO <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> fosfato de calcio ácido | 10  |
| 0.01M Ca SO <sub>4</sub> - sulfato de calcio                                    | 200 |

III Solución sin potasio

|  |   |
|--|---|
| M-Ca (NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> - nitrato de calcio | 5 |
| M-MgSO <sub>4</sub> - sulfato de magnesio                | 2 |

|   | cc. en 1 litro de<br>solución nutriente |
|---|---|
| 0.05 M-Ca $(\text{H}_2\text{PO}_4)_2$ fosfato de calcio ácido | 10                                      |
| IV Solución sin Fósforo                                       |   |
| M-Ca $(\text{NO}_3)_2$ nitrato de calcio                      | 4                                       |
| M-K $\text{NO}_3$ - nitrato de potasio                        | 6                                       |
| M-MgSO <sub>4</sub> - sulfato de magnesio                     | 2                                       |

A todas las soluciones anteriores se les añadió la siguiente solución suplementaria compuesta de los siguientes elementos: boro, manganeso, zinc, cobre y molibdeno en las siguientes proporciones.

|  | gramos disueltos en<br>1 litro de agua. |
|--|---|
| $\text{H}_3\text{BO}_3$ - ácido bórico                       | 2.86                                    |
| Mn $\text{Cl}_4\text{H}_2\text{O}$ - cloruro de manganeso    | 1.81                                    |
| Zn $\text{SO}_4\text{H}_2\text{O}$ - sulfato de zinc         | 0.22                                    |
| $\text{CuSO}_4\text{H}_2\text{O}$ - sulfato de cobre         | 0.08                                    |
| $\text{H}_2\text{MoO}_4\text{H}_2\text{O}$ - ácido molybdico | .02                                     |

De esta solución se añadió un cc. a cada litro de solución nutriente.

Para proporcionarles hierro a cambio del tartrato de hierro se usó en la proporción de 0.3% una vez por semana sulfato ferroso ( $\text{FeSO}_4\text{H}_2\text{O}$ ) a razón de 1 cc. por litro.

Una vez establecido el experimento se les tomó mensualmente a cada planta la longitud de la raíz, el tallo, y en

los últimos tres meses también se llevó cuenta del número de hojas de cada planta. El 29 de agosto época que dí por terminado el experimento, antes de poner a secar las plantas tomé el diámetro de éstas y quince días más tarde procedí a tomarles el peso seco de la raíz y el tallo con sus hojas.

### Resultados

Los datos promedio de crecimiento obtenidos mensualmente los presenta el cuadro N° 4.

Unicamente por las medidas que fueron tomadas pudo observarse diferencias en el desarrollo de estas plantas, ya que a la vista mostraron muy pocas, por lo que puede deducirse que las reservas que los cotiledones suministran a las plantas en crecimiento son suficientes para que éstas no sufran por deficiencias de elementos durante los primeros meses de desarrollo. Por consiguiente, es de recomendarse en ensayos posteriores de plantas en soluciones nutritivas, que de inmediato se les supriman los cotiledones para dejar las plantas a expensas inmediatamente de las soluciones y con ello obtener resultados más inmediatos. Además, se puede deducir que plantas de semillero no son exigentes a la riqueza del suelo y aplicaciones tempranas de fertilizantes.

La temperatura registrada durante los cuatro meses que duró el experimento la representa la figura N° 5 en que se puede observar que la temperatura del laboratorio, no excedió a la que exige la planta. El cuadro N° 5

Cuadro N° 4. Promedios de crecimiento mensuales de 15 plantas por cada tratamiento

|      | Solución N° 1<br>COMPLETA   |                             | Solución N° 2<br>SIN NITROGENO |                             | Solución N° 3<br>SIN POTASIO |                             | Solución N° 4<br>SIN FOSFORO |        | Diam.<br>en<br>cms.<br>"R" "T" | Peso seco<br>en<br>gramos<br>"R" "T" |      |     |   |     |     |     |
|------|-----------------------------|-----------------------------|--------------------------------|-----------------------------|------------------------------|-----------------------------|------------------------------|--------|--------------------------------|--------------------------------------|------|-----|---|-----|-----|-----|
|      | Longitud<br>"R" "T"<br>Hjs. | Longitud<br>"R" "T"<br>Hjs. | Longitud<br>"R" "T"<br>Hjs.    | Longitud<br>"R" "T"<br>Hjs. | Longitud<br>"R" "T"<br>Hjs.  | Longitud<br>"R" "T"<br>Hjs. | Longitud<br>"R" "T"<br>Hjs.  | Sol. # |                                |                                      |      |     |   |     |     |     |
| Mayo | 9.2                         | 9.4                         | -                              | 7.9                         | 8.9                          | -                           | 9.5                          | 9.2    | -                              | 6.9                                  | 8.2  | -   | 1 | .57 | 1.2 | 3.5 |
| Jun. | 30.3                        | 14.4                        | -                              | 18.2                        | 15.1                         | -                           | 26.4                         | 17.3   | -                              | 24.8                                 | 15.0 | -   | 2 | .52 | 1.5 | 3.0 |
| Jul. | 48.9                        | 20.3                        | 4.0                            | 24.7                        | 21.1                         | 4.4                         | 40.7                         | 20.0   | 4.9                            | 34.3                                 | 19.5 | 4.2 | 3 | .55 | 1.5 | 3.3 |
| Ago. | 65.1                        | 21.6                        | 5.6                            | 34.3                        | 21.3                         | 4.8                         | 52.4                         | 21.5   | 6.0                            | 49.9                                 | 19.8 | 5.6 | 4 | .56 | 0.7 | 3.7 |
| Set. | 72.9                        | 23.3                        | 6.0                            | 37.7                        | 21.8                         | 5.1                         | 55.6                         | 21.4   | 6.0                            | 54.6                                 | 20.1 | 5.7 | - | -   | -   | -   |
| Pro. | 45.2                        | 17.3                        | 5.2                            | 24.5                        | 17.9                         | 4.7                         | 36.9                         | 17.8   | 5.3                            | 34.1                                 | 16.5 | 5.1 | - | -   | -   | -   |

Quadro Nº 5.- pH de las diferentes soluciones antes y después de haber sido usadas.

| Soluciones    | Antes de ser usadas |         |      | Al ser retiradas |         |      |
|---------------|---------------------|---------|------|------------------|---------|------|
|               | Fecha               | Sol. Nº | pH   | Fecha            | Sol. Nº | pH   |
| Completa      | Mayo 3              | 1       | 5.80 | Junio 2          | 1       | 4.90 |
| "             | Jun. 2              | 1       | 5.76 | Junio 22         | 1       | 5.15 |
| "             | Jun. 22             | 1       | 5.85 | Jul. 12          | 1       | 5.05 |
| "             | Jul. 12             | 1       | 5.60 | Ago. 1           | 1       | 5.00 |
| "             | Ago. 1              | 1       | 5.60 | Ago. 28          | 1       | 5.05 |
| Promedio      |                     |         | 5.68 |                  |         | 5.03 |
| Sin Nitrógeno | Mayo 3              | 2       | 5.95 | Junio 2          | 2       | 4.98 |
| " "           | Jun. 2              | 2       | 5.75 | Junio 22         | 2       | 5.30 |
| " "           | Jun. 22             | 2       | 5.75 | Julio 12         | 2       | 5.25 |
| " "           | Jul. 12             | 2       | 5.70 | Ago. 1           | 2       | 4.35 |
| " "           | Ago. 1              | 2       | 5.72 | Ago. 28          | 2       | 5.40 |
| Promedio      |                     |         | 5.77 |                  |         | 5.05 |
| Sin Potasio   | Mayo 3              | 3       | 6.20 | Junio 2          | 3       | 4.73 |
| " "           | Jun. 2              | 3       | 5.67 | Junio 22         | 3       | 5.35 |
| " "           | Jun. 22             | 3       | 5.50 | Julio 12         | 3       | 5.40 |
| " "           | Jul. 12             | 3       | 5.55 | Ago. 1           | 3       | 5.50 |
| " "           | Ago. 1              | 3       | 5.45 | Ago. 28          | 3       | 5.20 |
| Promedio      |                     |         | 5.67 |                  |         | 5.23 |
| Sin Fósforo   | Mayo 3              | 4       | 6.10 | Junio 2          | 4       | 4.90 |
| " "           | Jun. 2              | 4       | 5.80 | Junio 22         | 4       | 5.12 |
| " "           | Jun. 22             | 4       | 5.80 | Julio 12         | 4       | 5.40 |
| " "           | Jul. 12             | 4       | 5.70 | Ago. 1           | 4       | 5.00 |
| " "           | Ago. 1              | 4       | 5.95 | Ago. 28          | 4       | 5.80 |
| Promedio      |                     |         | 5.87 |                  |         | 5.24 |

Grados (C)

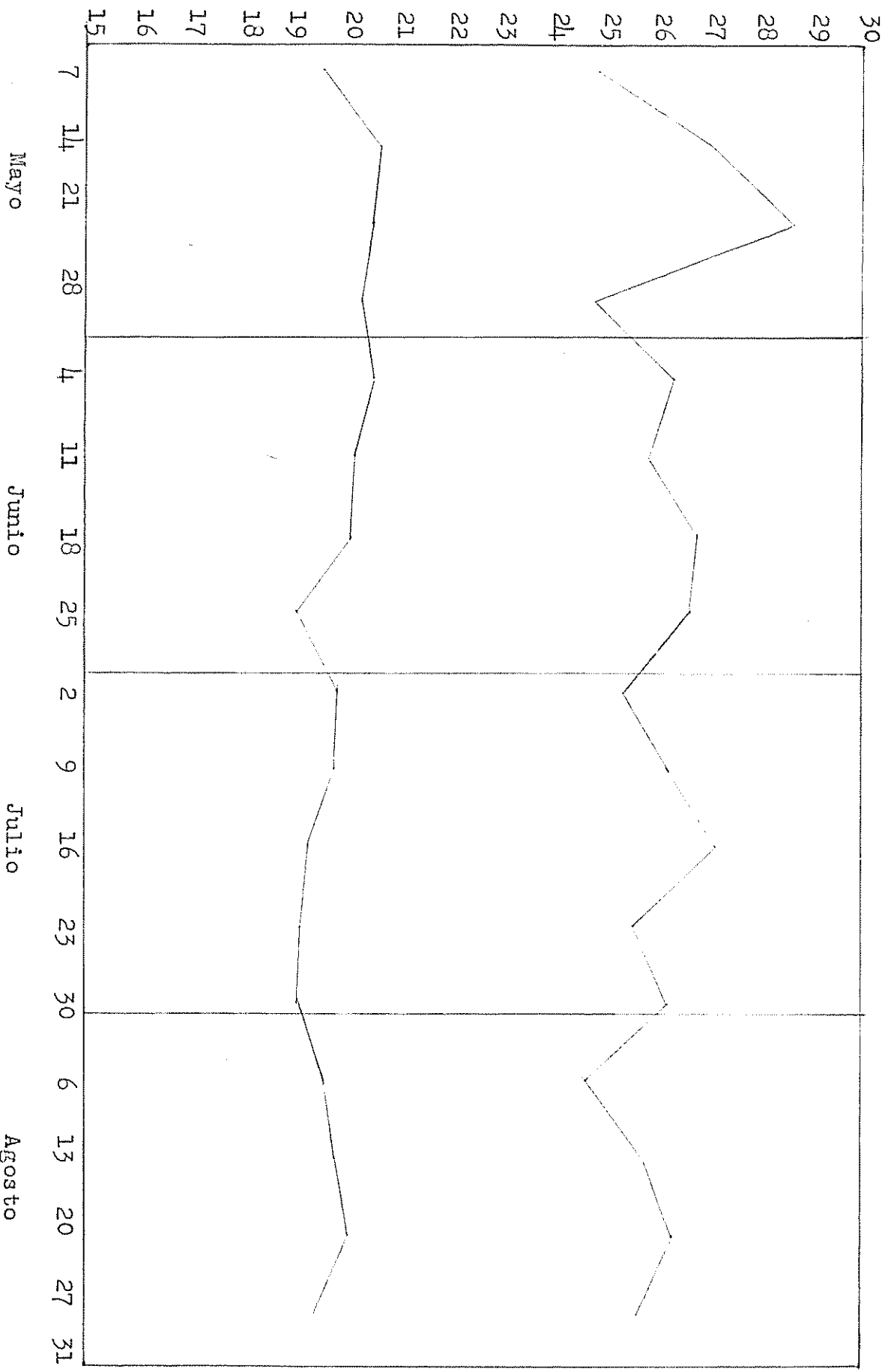


Figura Nº 6. Temperatura registrada en el Laboratorio durante los cuatro meses que duró el experimento.

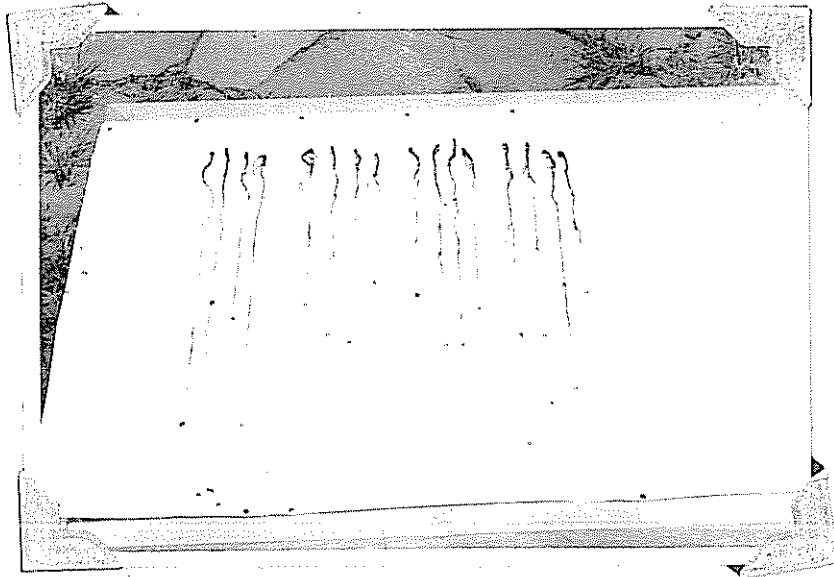
presenta el pH de las soluciones antes y después de haber sido usadas. La acidez máxima de algunas soluciones por la apariencia de las plantas puede decirse que no las afectó.

1. Plantas en solución completa. La longitud del tallo en estas plantas fué menor al de las sin nitrógeno y potasio pero su peso seco fué mayor al de éstas. Las raíces alcanzaron la mayor longitud y consistencia. La raíz principal estaba poblada ligeramente de raíces laterales de una longitud máxima de 6 centímetros presentándose éstas en menor abundancia a medida que se aproximan a la parte terminal de la raíz principal. Los pelos absorbentes están en menor abundancia comparadas con las otras plantas pero más largos que en las raíces de las plantas sin nitrógeno y fósforo. (Veáse Fig. Nº7)

2. Plantas sin nitrógeno. La longitud del tallo de estas plantas fué el mayor pero también los más delgados y de menor peso seco.

En el último mes que duró el experimento se empezó a observar un ligero color verde pálido en las hojas las que además fueron en número menor comparadas con las plantas de las otras soluciones. Produjeron las raíces más cortas, con abundancia de raíces laterales a lo largo de la raíz principal las que llegaron a alcanzar hasta 23 centímetros de longitud. Estas raíces le seguían en abundancia de pelos absorbentes a las raíces sin fósforo. Las raíces laterales a su vez eran abundantes en raicillas terciarias.





I      II      III      IV

Figura Nº 7. Raíces de plantas en las diferentes soluciones. I Solución Completa, II Solución sin N., III Solución sin K., IV Solución sin P.

3. Plantas sin potasio. El desarrollo del tallo fué aparentemente normal. Estas fueron las plantas que tuvieron más hojas pero relativamente más pequeñas. El sistema radicular se presentó más natural comparándolo con las plantas que crecen libremente en el campo, es decir seccionadas, siendo el segundo piso de raíces más abundantes que el primero.

La cantidad de pelos absorbentes de éstas fué mayor que las raíces de las plantas de soluciones completas.

4. Plantas sin fósforo. Estas plantas presentaron el tallo grueso pero fueron los de menor longitud. Las hojas mostraron un color verde oscuro. Las raíces laterales eran cortas y las más pobladas comparativamente de pelos absorbentes pequeños, especialmente más abundantes en las raíces laterales de la parte superior de la raíz principal. Las raíces de estas plantas fueron las que presentaron el menor peso seco.

Comparando el tiempo que duran los cotiledones en caerse en las plantas de semillero sembradas al campo con las plantas en las soluciones nutritivas, se encontró que en las primeras duran 45 días aproximadamente mientras que en las últimas, 3 meses. Esta diferencia puede atribuirse a causas mecánicas o fisiológicas.

#### D I S C U S I O N

Nuestro objeto fué llegar a conocer mediante las varias

observaciones realizadas el sistema radicular de árboles y de plantas pequeñas de cacao reproducidas por semillas y también por estacas. Además, ver como eran afectadas las raíces de plantas expuestas a diferentes grados de intensidad de sombra y las raíces de plantas puestas en soluciones nutrientes desprovistas de uno de los tres elementos principales.

Durante los tres primeros meses de vida del árbol del cacao presenta un sistema radicular abundante en raíces laterales fibrosas a lo largo de la raíz principal. En el cuarto mes desaparecen muchas raíces laterales para dejar únicamente aquellas que van a tomar un desarrollo formal.

En el quinto mes en adelante se observa que las raíces laterales quedan divididas en 3 ó 4 pisos dependiendo de la longitud de la raíz principal. El 80% del sistema radicular lo establecen en las primeras 6" del suelo, el 16% a las 12" y un 4% a las 18". Lo anterior indica que es conveniente conservar la materia orgánica para que evite el sol directo lo cual inactivaría la acción de esa mayor proporción de raíces próximas a la superficie y mataría los pelos radiculares de éstas.

Al sexto mes todavía las plantas conservan una longitud proporcional entre el tallo y la raíz, con una proporción de peso seco entre el tallo y la raíz que va aumentando paralelamente con la edad presentando estas observaciones .

desde una proporción de peso seco mínima de 3.00 en plantas de un mes hasta 6.10 en plantas de 18 meses. Naturalmente que ésto varía de acuerdo con el medio circundante en que la planta es establecida.

Se encontró que el peso húmedo del tallo más que las raíces aumentó especialmente en las plantas de suelo franco arcilloso al aumentar las lluvias en la región, y después disminuyó al mermar éstas. En cambio el peso seco fué en aumento continuo y únicamente el tallo de las plantas del suelo arcilloso tuvo un aumento brusco de peso seco al comienzo de las lluvias fuertes. El mejor desarrollo en general de raíces en plantas de semillero se obtuvo en el suelo franco arcilloso comparadas a las del suelo franco arenoso.

En un árbol viejo que se extrajo se encontró que la raíz principal profundizó 1.65 metros y con las raíces laterales divididas en tres pisos. El primer piso de raíces o sea el próximo a la superficie fué mayor alcanzando algunas de estas raíces una longitud de 1.55 metros. La proporción de raíces según la profundidad del suelo es igual a la encontrada en plantas en semillero. La raíz principal se encontraba bifurcada lo cual es atribuido a agentes mecánicos que encuentra a su paso. Por lo anterior es de considerar que el árbol del cacao exige además de suelos ricos, también profundos especialmente cuando se va a establecer una plantación propagada por semillas ya que las raíces terminales

de estas plantas profundizan más que las plantas propagadas por estacas.

El enraizamiento de las estacas de abanico en la variedad de cacao Forastero comparadas con las estacas de chupón es más temprano. El enraizamiento de las primeras se presenta en un ángulo de 62° a 70° de una línea vertical y en los chupones es vertical. El hábito distinto de enraizamiento en esas estacas desaparece una vez desarrolladas para formar en menor proporción un desarrollo similar al de plantas reproducidas por semillas, pero con raíces laterales más abundantes.

Plantas bajo un 50% de sombra desarrollaron el sistema radicular más profundo y más abundante en raíces laterales que plantas bajo un 25% de sombra; las plantas bajo un 90% desarrollaron el sistema radicular más pobre. De aquí puede deducirse que las plantas en semillero no debe proporcionárseles excesiva sombra para conseguir un desarrollo radicular abundante y profundo con lo cual se consigue una mejor adaptabilidad de las plantas a la sequía. Las raíces de las plantas en soluciones completas alcanzaron mayor longitud y consistencia y pocas raíces laterales. Pelos absorbentes en menor abundancia pero mejor desarrollados.

Plantas sin nitrógeno presentaron tallos con mayor longitud pero con menor diámetro y peso. Las raíces laterales cortas y abundantes en raíces terciarias y éstas a su

vez abundantes en pelos absorbentes. Plantas sin potasio desarrollaron un tallo normal. Fueron las plantas más abundantes en hojas pequeñas. El desarrollo radicular fué parecido al de las plantas en soluciones completas pero de constitución frágil. Los pelos absorbentes de estas plantas fueron abundantes.

Plantas sin fósforo. Tallos cortos pero gruesos, hojas color verde obscuro, raíces laterales cortas. Comparándolas con las raíces de las otras plantas fueron las más abundantes en pelos absorbentes cortos. El peso de estas raíces fué el menor. Según lo anterior parece que los fosfatos juegan el papel principal en el desarrollo del sistema radicular y la ausencia de cualquiera de estos tres elementos hacen que la planta produzca mayor cantidad de pelos absorbentes. Plantas en el campo botan sus cotiledones aproximadamente a los 45 días y en el laboratorio puestas en soluciones duran 3 meses. En el último caso podría atribuirse a que las plantas no sufren ningún daño mecánico o que no se ven precisadas a usar sus reservas porque encuentran los elementos en forma de uso inmediato.

#### S U M A R I O

1. Plantas de uno a tres meses presentaron abundantes raíces laterales fibrosas a lo largo de la raíz principal. Al cuarto mes muchas raíces laterales desaparecieron y quedaron únicamente aquellas que iban a tomar un desarrollo

- formal. Del quinto mes en adelante las raíces laterales de las plantas se presentaron divididas en 3 ó 4 pisos.
2. En plantas de 6 meses el 80% del sistema radicular se establece en las primeras 6" de la superficie del suelo el 16% a las 12" y un 4% a las 18". Más o menos igual distribución tienen las raíces de árboles viejos.
  3. La longitud de las raíces comparadas a la longitud del tallo en plantas de 1 hasta 6 meses fué aproximadamente igual.
  4. Las raíces de las plantas sembradas en un suelo franco arcilloso desarrollaron mejor que las raíces de plantas en suelo franco arenoso.
  5. El hábito diferente de enraizamiento entre estacas de abanico y estacas de chupón desaparece una vez que éstas se desarrollan y forman en menor proporción un desarrollo radicular similar al de plantas reproducidas por semillas con dos o tres raíces verticales.
  6. Plantas bajo un 50% de sombra desarrollaron la raíz terminal más profunda y las raíces laterales más extensas que plantas bajo un 25% de sombra. Plantas bajo el 90% de sombra desarrollaron el sistema radicular más pobre.
  7. Las raíces de las plantas puestas en solución completa alcanzaron mayor longitud y consistencia y pocas raíces laterales; comparativamente estas raíces tuvieron pocos pelos absorbentes pero mejor desarrollados. Plantas sin

nitrógeno presentaron raíces laterales cortas abundantes en raíces terciarias y éstas a su vez en pelos absorbentes. Plantas sin potasio presentaron un sistema radicular parecido al de las plantas en soluciones completas pero más frágiles con pelos absorbentes abundantes. Plantas sin fósforo presentaron las raíces laterales más cortas y las más abundantes en pelos absorbentes.



LITERATURA CITADA

- 1.- Charter, C. F. Cacao soils good and bad. West African Cacao Research Institute, Tafo. pp. 1-11. (Date of publication not stated - probably 1948).
- 2.- Cheesman, E. E. The vegetative propagation of cacao. VII Root systems of cuttings. Fifth Annual Report on Cacao Research 1935. pp. 7. Imperial College of Tropical Agriculture. Trinidad, 1936.
- 3.- Hoagland, D. R. y D. I. Amon. The water culture method for growing plants without soil. Expt. Sta. Cir. 347: 1.39 Berkeley, California, 1939.
- 4.- McDonald, J. A. Some effects of deficiencies of essential nutrient elements on the growth of young cacao plants. Fourth Annual Report on Cacao Research, 1934. pp. 83-85. Imperial College of Tropical Agriculture. Trinidad, 1935.
- 5.- Meyer, S. and D. B. Anderson. Plant physiology. pp. 695. Van Nostrand Co. New York, 1939.
- 6.- Miller, E. C. Plant physiology. 2nd. ed. pp. 1201. McGraw Hill Book Co. New York, 1938.
- 7.- Pyke, E. E. The vegetative propagation of cacao. Observations on varietal differences in the rooting behaviour of cacao cuttings. Third Annual Report on Cacao Research, 1933. pp. 4-7. Imperial College of Tropical Agriculture. Trinidad, 1934.

- 8.- Weaver, J. E. y F. E. Clements. Ecología vegetal. pp. 667. Traducido de la segunda edición en inglés por Angel L. Cabrera, 1944. Acme. Agency, Soc. Resp. Ltda. Buenos Aires, 1944.